

用于运行管线连接的不停输开孔技术

USING HOT TAPS FOR IN SERVICE PIPELINE CONNECTIONS

1 内容提要

天然气运输和分配公司一年中要多次连接新管线以扩大或改造现有系统。为保证有一个安全的管线连接环境，必须关停一部分系统并将天然气排放到大气中。这个被称为管线停工接线的过程会引起甲烷排放、产品和销售损失，偶尔还会引起用户的不便、损失部分相关费用（与抽空现有管线系统有关的费用）。

不停输开孔技术是在管线处于运行状态、天然气带压流动时连接新管线的一种方法。不停输开孔过程包括：在运行管线外面连接支线和阀门，然后在支线内切开管线壁，通过阀门移去管壁部分。不停输开孔技术可避免产品损失、甲烷排放以及中断客户服务。

虽然不停输开孔技术并不是一种新的做法，但近期的结构改进降低了操作者在过去遇到的复杂性和不确定性。几个天然气 STAR 运输和分配合作伙伴声称，他们经常使用不停输开孔技术——基本上每天都要进行小型的接线工作，每年会进行 2 到 3 次较大的不停输开孔作业（大于 12 英寸）。

通过应用不停输开孔技术，天然气 STAR 合作伙伴实现了甲烷减排并增加了收入。气体节省量足以证明在运行管线上利用不停输开孔技术来连接所有新管线是合理的。使用不停输开孔技术通常可以立即收回投资。

减少气体损失的方法	天然气节省体积 (千立方英尺/年)	节省天然气的价值 (美元/年)	其他节省费用 (美元)	投资成本 (美元)	其他费用 ⁴ (美元/年)	投资回收期 (月)
不停输开孔连接 ¹	24 400	73 320 ²	6 840 ³	36 200	43 000	12

¹年度节省和费用按平均每年应用 320 次不停输开孔技术（不同尺寸）计算。
²假设天然气价格按 3 美元/千立方英尺计算。
³其他节省费用是惰性气体的节省费用。
⁴其他费用包括操作维护费用和合同服务费用。

2 技术背景

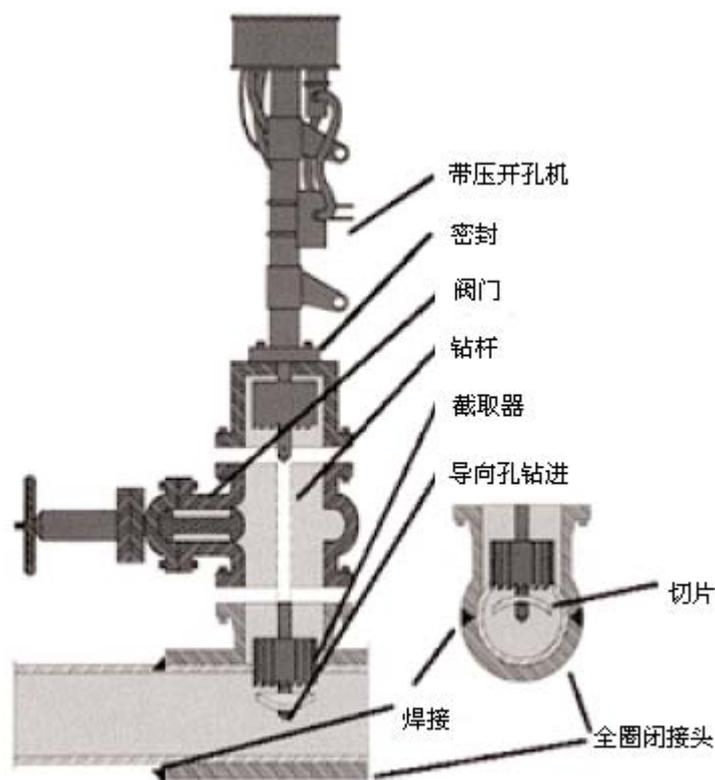
在天然气运输和分配系统中，经常需要更改或扩展现有管线、安装新阀门或维修旧阀门、安装新支线、实施维修保养或在紧急事件期间使用管线。为保证管线连接作业的安全，以前惯用的做法是在管线更换期间关掉一部分系统、将隔离出来的管线中的气体排放到大气中、用惰性气体吹扫管线。

进行管线停工接线的过程随系统压力的不同而稍微有所不同。在高压系统中，关闭周围阀门以隔离出管线部分，在靠近阀门处放置塞子（插入式塞子）以防止天然气泄漏并改善管线互连场地周围的安全条件。在低压系统中，要关闭的管线长度一般较短。采用的方法不是关闭周围阀门，而是用塞子在开孔区域周围直接将管线部分隔离出来。在这两种情况下，都要排放出隔离管段中的气体，并且要吹扫管线。

进行管线停工接线对经济和环境均有影响。从隔离管段排出气体将导致天然气产品的损失，同时也会增加甲烷气体的排放。此外，从处于运行状态的系统中移去一段管线通常会中断客户供气服务。例如，在一条钢质管线上进行管线停工接线作业，要求管线停止工作 1~3 天或者更多天数，除了向大气中释放甲烷以外，还可能中断天然气运输。

不停输开孔技术是一种替代技术，它允许在不关停系统和不将气体排放到大气的环境下进行管线连接。不停输开孔技术也被称为管线分接、压力分接、压力切割和侧向切割。该过程包括在不中断气体流动、无气体释放或天然气产品损失的情况下，在运行管线上连接支线和开孔。不停输开孔技术允许将新管线连接到现有系统上、将设备插入到气流中、连接永久性的或临时性的支线，它是用可膨胀的、临时性的气球管塞（塞子）来堵塞管线的准备阶段。

目前已有适合于天然气运输和分配系统中各种管线尺寸、管道材料和压力等级的不停输开孔设备。典型的不停输开孔装置的主要设备包括一个打孔机、一个分支接头和一个阀门。不停输开孔设备描述如下（见图 1 所示）。



来源：IPSCO

图 1 不停输开孔设备剖面示意图

打孔机。打孔机通常由一个机械驱动的控制切削工具的可伸缩钻杆组成。切削工具用来在管壁上钻一个定位孔以保持开孔锯条居中，该开孔锯条锯开“切片”或切断管壁弯曲部分。

接头。在接头内部将新管线连接到现有管线上，小尺寸管线（例如 1 英寸）连接到较大尺寸管线上时，该接头可以是一个简单的焊接短节；当支线尺寸与母体管线尺寸一样大小时，需要一个全环绕的对开管套三通作为额外支撑。三通完全缠绕在管线周围，焊接时，三通为支线和工作管提供机械加固。

阀门。不停输开孔连接管线上的阀门对于新连接来讲可以是截断阀或者是控制阀，阀门必须确

保在完成切削操作后能够将切片（打孔机切下的管壁部分）移取出来。合适的阀门包括一个球阀或闸阀，而不是塞阀或者蝶形阀。

图 2 给出了不停输开孔工艺流程的示意图。进行不停输开孔作业的基本步骤如下：

(1) 利用焊接（钢铁）、螺栓连接（铸铁）或者粘接（塑料）技术将接头连接到现有管道上并安装阀门。

(2) 通过固定阀门安装不停输开孔机。

(3) 经由开口阀门，通过管线切割金属片，进行不停输开孔作业。一个特殊的设备在不停输开孔作业后夹住“金属片”。通过阀门取出金属片，然后关闭阀门。

(4) 移去开孔机，连接支路管线。吹扫氧气，打开阀门，将新管线投入运行。

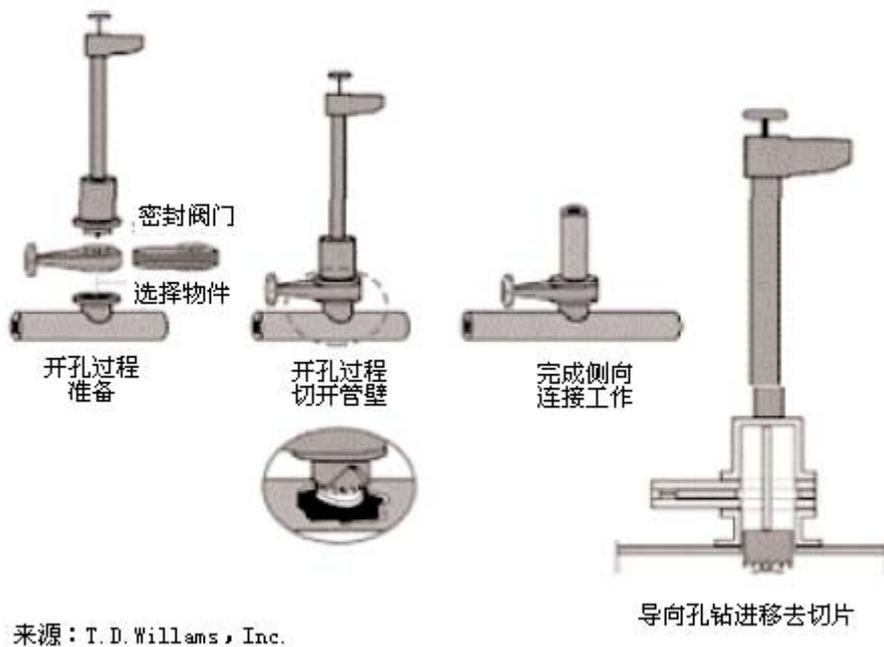


图 2 不停输开孔过程示意图

只要有足够的空间来安装阀门、接头和开孔机，就可以在垂直方向、水平方向或管线周围任意角度方向上进行不停输开孔作业。目前的开孔技术可用于所有类型的管线，可以在任何压力、直径和结构的管线上进行操作，甚至可以在旧管线上连接新管线。新的轻型开孔机允许一个操作人员就能进行不停输开孔作业，不需要更多的管线阻塞或支撑。

可以从美国石油学会（API）、美国机械工程师学会（ASME）和其他组织获得在不同尺寸、不同流量和不同位置的运行管线上进行焊接作业的安全手册和操作指南。这些手册和指南提供了焊接过程中需要考虑的信息，包括防止焊穿、管线内流动、金属厚度、接头、焊缝焊后热处理、金属温度、不停输开孔连接和焊接设计以及管道和设备容量。

供货商手册和设备目录也可为确定最合适的设备尺寸和型号提供一个很好的参考。几个供货商发布了进行不停输开孔作业的综合性的大纲和指南，内容包括：在各种材料上进行开孔作业的信息、工作地点的评价和准备、接头和其他设备的选择和安装、安全措施。最重要的是，由于这是一项危险的作业，在实施各项工作以前，必须对各个不停输开孔作业进行逐个评估，并准备一个详细的书面操作说明，以确保正确、安全地实施所有步骤。

3 经济和环境效益

应用不停输开孔方法取代替管线停工接线方法的主要的经济和环境效益包括：

- ★ 系统连续运行——避免了停工和中断服务。
- ★ 没有天然气释放到大气中。
- ★ 避免了管线部分的切割、重新组合和重新焊接。
- ★ 减少了与规划协调、进度安排、文书工作、产量损失和直接维护等相关的费用。
- ★ 提高了工作人员的安全性。
- ★ 消除了通知客户停止供气服务的责任。

进行不停输开孔作业时，确保采用最好的做法，这样能减少需要的作业时间以及减少潜在的气体排放量。

4 决策步骤

通过下面五个步骤，作业者可以评价使用不停输开孔方法取代替管线停工接线方法的经济效益：

评价不停输开孔方法的经济效益的五个步骤：

- (1) 确定现有管线的实际工作条件。
- (2) 计算进行管线停工接线的费用。
- (3) 计算不停输开孔方法的费用。
- (4) 估计不停输开孔方法所节省天然气的经济效益。
- (5) 对比两种方案并确定不停输开孔方法的经济效益。

第 1 步：确定现有管线的实际工作条件。 为确保一个安全的施工环境，在不停输开孔项目的准备阶段，作业者需要确定最大的工作压力（在开孔期间）、管线材料类型（钢铁、铸铁或塑料）以及母体管线的状况（内/外腐蚀、管壁厚度）。只有母体管线材料处于良好状态时，才能在管线上进行不停输开孔连接作业。其他需要评价的条件包括在意外事件中用来紧急隔离的附近阀门的位置、预计的开孔直径、接线周围的工作空间、其他管线焊接的位置以及缺陷或堵塞。作业者还须确定管线是否是“复线”，因为许多天然气输送公司可通过将负荷转移到一条并行管线上的方式来避免中断管线运行。为确保对将来的接线能进行详尽和恰当的评价，制定并遵守书面计划是合理的。

第 2 步：计算进行管线停工接线的费用。 实际项目的费用包括直接费用，如材料和设备费用、焊接费用、质量控制费用、排气和吹扫费用、劳务费用、进度计划编制费用。额外的间接开支或“隐藏”费用可能包括：关闭阀门的费用、供气服务中断的通知费用、客户服务重新启动费用、塞子开挖费用以及接线清扫费用。建议作业者参考以前的历史数据来确定这些费用。

为便于分析，当分支接线的尺寸与管线尺寸相同时，假设停工接线方法中切割管线和焊接三通管线的材料和劳务费用与在接头上进行焊接和实施不停输开孔作业的费用相当。但管线停工接线方法却还有排放损失的天然气费用和吹扫管线的惰性气体费用。

确定管线停工接线费用的公式如表 3 所示。对于这些计算，小于 2 psig 的压力定义为低压。

为了进行比较，计算管线停工接线费用需要考虑多个工程方案。如果给定拥有和操作不停输开孔设备的投资费用以及一个给定年限内所需进行的接线作业次数，那么这种多个工程方案的做法会对项目有一个更全面的成本对比分析。表 4 给出了在多个接线方案评价过程中如何应用表 3 中的费用数据来进行计算的方法。给出的假设情形包括不同管线尺寸和压力的几个项目。然而，表 4 仅提供了一个 4 英寸管线方案的费用计算过程，而且仅涵盖了直接费用。

表 3 计算管线停工接线的费用

已知:

D=管线直径 (英寸)

T=塞孔直径 (英寸) —— 低压管线停工, 使用塞孔作为封堵器

L=塞孔间管线长度 (英尺) —— 高压管线停工

P=管线压力 (低压为 psia, 高压为 psig)

Ppgas=当前清洗气体市场价格 (美元/千立方英尺) —— 假设为 4 美元/千立方英尺

Pg=当前天然气市场价格 (美元/千立方英尺) —— 假设为 3 美元/千立方英尺

Ce=额外的开挖费用, 使用公司记录数据 (美元)

Cp=清洗连接和开挖费用 (美元)

Cs=隐藏的停工开支费用, 见附录 (美元)

Cf=配件费用, 见附录 (美元)

塞孔处于打开状态的时间=来自以前的经验数据 (分钟)

计算直接费用:

- (1) 计算管线横截面积 (平方英尺)

$$A = \frac{3.14 * D^2}{4 * 144} \left(\frac{\text{平方英尺}}{\text{平方英寸}} \right) = \frac{D^2}{183}$$

- (2) 计算管道体积 (千立方英尺)

$$V_p = \frac{A * L}{1000} \left(\frac{\text{千立方英尺}}{\text{立方英尺}} \right)$$

- (3) 计算清洗气体的体积

$$V_{pgas} = V_p * 2.2(\text{停工} + \text{恢复} + 20\% \text{浪费})$$

- (4) 计算氮气清洗气体的费用

$$C_{pgas} = V_{pgas} * P_{pgas}$$

- (5) 计算高压系统中损失天然气的体积:

$$V_g(\text{千立方英尺}) = \frac{D^2 * P * \left(\frac{L}{1000} \right) * 0.372}{1000}$$

计算低压系统中损失天然气的体积:

$$V_g(\text{千立方英尺}) = \frac{T^2 * P * \text{塞孔数量} * \text{塞孔处于打开状态的时间} \left(\frac{\text{小时}}{\text{分钟}} \right)}{60}$$

- (6) 计算损失天然气的费用 (美元)

$$C_g = V_g * P_g$$

计算间接费用:

- (1) 计算 Ce=为了连接管线而进行额外开挖的费用 (美元)

- (2) 计算 Cp=清洗管线连接的费用 (美元)

- (3) 计算 Cs=间接的停工开支费用 (美元)

- (4) 计算 Cf=配件费用 (美元)

- (5) 计算 Ci=间接费用 (美元) = Ce+Cp+Cs+Cf

计算总费用:

计算 Ctotal=总费用 (美元) = Cg+Cpgas+Ci

来源: 管道经验规则, 第 270 页和第 278 页

进行管线停工接线作业时, 操作者需要参考公司以前的记录来确定正确的流程和使用要素。上述流程是进行初步经济评价的通用指南, 不同的公司可能会有所不同。具体公司的其他使用要素还包括: 通过关停管线两端的阀门所泄漏的天然气量、封堵器数量、用于放空和吹扫的开孔情况以及吹扫气体的类型。泄漏量异常重要, 这是因为大的管线截断阀不经常使用, 并且阀座上积累的碎屑

影响密封，所以大的管线截断阀会泄漏大量的天然气。泄漏的体积变化很大，取决于阀门类型、使用年限、管线压力和服役情况（干气引起的腐蚀和积累的碎屑比湿气少很多）。如果合作伙伴按照本经验交流材料所提供的方法进行经济评价，若认为其边际经济效益合理，则存在管线阀门泄漏现象的公司也应将这些因素考虑在内以提高其经济效益。

表 4 管线停工接线损失气体费用和清洗气体费用的假设方案和计算实例

已知：				
一个管道公司需要进行大量的停工作业或不停输开孔作业，如下所示：				
管线直径，英寸	4	8	10	18
管线压力，psig	350	100	1,000	200
管线长度 ¹ ，英尺	2	1	3	2
每年开孔数 ³ ，个	250	30	25	15
(1) 计算天然气损失体积 V _g				
$V_g(\text{千立方英尺}) = \frac{D^2 * P * \left(\frac{L}{1000}\right) * 0.372}{1000} = \frac{4^2 * 350 * \left(\frac{5280}{1000}\right) * 0.372}{1000} = 22 \text{千立方英尺}$				
(2) 计算清洗气体体积 ⁴ V _{pgas}				
$V_{pgas} = \frac{\left(\frac{D^2 * L}{183}\right) * 2.2}{1000} = \frac{\left(\frac{4^2 * 2 * 5280}{183}\right) * 2.2}{1000} = 2 \text{千立方英尺}$				
(3) 计算：由于管线停工接线而损失的天然气的价值（包括清洗气体）				
费用 = C _g + C _{pgas} = V _g * P _g + V _{pgas} * P _{pgas} = (22千立方英尺 * 3美元/千立方英尺) + (2千立方英尺 * 4美元/千立方英尺) = 74美元 即 4 英寸管线停工接线的费用为 74 美元				
¹ 截断阀或封堵器之间的隔离长度				
² 公式中要求长度单位为英尺。1 英里=5 280 英尺				
³ 方案基于合作伙伴和供货商提供的信息				
⁴ 假设惰性气体为氮气				

第 3 步：计算不停输开孔方法的费用。比较不停输开孔方法和管线停工接线方法的成本时，唯一显著的差异是不停输开孔设备的费用。当支线与管道（接头类型和费用信息见附录）尺寸基本相同时，两种方法的三通接头或全环绕套筒费用和阀门费用接近相等。焊接一个全环绕套筒的费用和在管线上焊接一个三通接头的费用接近相同。对于这类可行性评价，冷切管线和不停输开孔切割金属片的劳务费用也是很接近的。维护费用仅适用于不停输开孔设备，如钻头整修以及其他设备的护理与更换。

开孔机有几种尺寸，单个设备可以进行 3~12 英寸的不停输开孔作业。进行小尺寸（如 1 英寸到 3 英寸）的开孔作业，可以购买较便宜的设备。通常，购买被天然气公司广泛用于普通尺寸接线的不停输开孔机器的投资费用从 13200~23000 美元不等。

设备费用通常为一次性资本支出，并且能折旧到整个设备使用寿命期内（一般在 15~20 年之间）。各公司应以相同的方法来计算其他所购设备的折旧（如：分期偿还，在某一固定时间期限内）。这需要和将来如何使用机器结合起来考虑。做这个决定之前，作业者应查看公司记录，以确定已实施的相似接线的次数。

一般地，一年实施几次不停输开孔作业的公司会发现，购买开孔设备（特别是尺寸大于 12 英寸的设备）、拥有一批训练有素的操作人员进行开孔作业是相当经济的。与较大的不停输开孔作业相比，这些工作通常比较简单并且不需要太多专业化的训练。对于较大的、不频繁的不停输开孔作业，公

司可以考虑雇佣能提供设备和熟练操作人员的承包商来完成，这样会更经济有效。大多数不停输开孔技术供货商会提供所有必要的开孔设备（包括打孔机、接头、阀门、割刀和维修服务），还会为较大的或不频繁的不停输开孔作业提供承包服务或者出租开孔设备。提供的诸如开挖、焊接和吊车等之类的支持服务可以降低使用外部承包商的费用。

确定购买不停输开孔设备或雇佣承包商备选方案时，还应考虑其他方面的因素，如管线材料和厚度、系统压力和温度。公司应评估多久才使用一次不停输开孔设备，评估购买和保养设备以及训练操作人员能否实现费用节省。

表 5 列出了购买设备和承包服务这两种不停输开孔作业方案的费用范围。给出的费用范围包括了所有材料费用。正如上所述，附加费用来自劳务和维护开支。供货商指出，操作维护（O&M）费用变化很大，这取决于完成的开孔数目以及设备和过程维护。

表 5 不停输开孔方法的开支

连接尺寸	投资费用（美元）		承包服务费用 （美元）	设备操作维护费用 （美元/年）
	机器 ¹	材料		
小型开孔（<12"）	13 200~23 000	-	-	500~5 000
大型开孔（>12"）	100 000~200 000 ²	2 000~9 120 ²	1 000~4 000	-

¹不停输开孔机可以使用 5 到 40 年。公司每年可以进行 400 次小型开孔作业。
²大部分公司发现将大型的不停输开孔作业承包出去更经济，进而不会产生这些费用。
 注意：费用信息由不停输设备制造商和承包商提供。提供的价格仅适合于最经济的方案。

按表 4 中描述的第一个假设方案，表 6 列出了每年 320 个开孔的设备费用、操作维护费用和承包服务费用。假设尺寸为 4 英寸、8 英寸、和 10 英寸的开孔作业（总共 305 个开孔）由公司自己完成。由于每年实施的尺寸大于等于 18 英寸的开孔作业较少，所以将这些作业（总共 15 个开孔）承包给供货商来实施。设备费用包括购买两台小型（<12 英寸）开孔设备的费用。表 5 所列采购费用、操作维护费用和承包服务费用的平均值被用来完成假设方案的费用分析。基于这些假设，计算出的总的设备费用为 36 200 美元、操作维护费用为 5 500 美元、承包服务费用为 37 500 美元。

表 6 估计假设方案的年度不停输开孔作业费用

<p>已知： 每台机器的设备费=18 100 美元¹ 每台机器的操作维护费=2 750 美元¹ 每次开孔作业的承包服务费用=2 500 美元¹ 不停输开孔机器数量=2 承包的开孔作业数量=15（所有开孔尺寸均大于等于 12 英寸）</p> <p>计算： 总设备费用=18 100×2=36 200 美元 总操作维护费用=2 750×2=5 500 美元 承包服务费用=2 500×15=37 500 美元</p> <p>¹表 5 中费用范围的平均值</p>
--

第 4 步：估计不停输开孔方法所节省天然气的经济效益。表 7 给出了假设每年在大小直径的高压管线上实施 320 次不停输开孔作业的天然气和吹扫气的节省情况。使用表 3 中的公式计算经济收入，并乘以每年接线次数。当这些接线工作由不停输开孔技术来完成时，与管线停工接线相关的天

然气损失量即是采用不停输开孔技术的气体节省量。

第 5 步：对比两种方案并确定不停输开孔方法的经济效益。表 8 给出的经济分析对比了不停输开孔方法和管线停工接线方法之间的成本和效益差异，经济分析建立在假设每年实施 320 次开孔作业的基础之上。主要费用是不停输开孔设备的购买费用、操作维护费用和/或不停输开孔服务的承包费用。在这个假设中，两个方案的花费包括：购买两台小型不停输开孔设备的费用为 36 200 美元，承包 15 个大尺寸开孔作业的费用每年为 37 500 美元。购买的不停输开孔设备的操作维护费用每年为 5 500 美元。所有这些费用的计算见表 6。假设不停输开孔方法和管线停工接线方法中许多费用是相同的，其中包括接头费用、阀门费用和基本劳务费用，所以在对比分析中可以不予考虑。在分析过程中，若对公司具体的“隐藏”费用进行评估并将其评估结果包括在总体经济评价内（表 3），则可完成一个更完整的经济对比分析。

表 7 估计假设方案每年的天然气节省情况

开孔方案 ¹	每年开孔作业数量	天然气节省量 (千立方英尺)		清洗气体节省 ² (千立方英尺)		总的气体节省量 ³ (美元)
		每次开孔作业	全年	每次开孔作业	全年	
4 英寸管线, 350psig, 2 英里长	250	22	5 500	2	500	18 500
8 英寸管线, 100psig, 1 英里长	30	13	390	4	120	1 650
10 英寸管线, 1000psig, 3 英里长	25	589	14 725	19	475	46 075
18 英寸管线, 200psig, 2 英里长	15	255	3 825	41	615	13 935
年度总计	320		24 440		1 710	80 160

¹开孔作业尺寸和数量来自表 4 中给出的方案。
²表 4 中 4 英寸管线连接的例子。
³天然气价格按 3 美元/千立方英尺计算，惰性气体（氮气）价格按 4 美元/千立方英尺计算。

巨大的效益差距体现在减少天然气排放损失和减少管线停工接线中使用的惰性气体这两方面。如表 7 所示，对于假设的不停输开孔方案，每年节省的天然气为 24 440 千立方英尺，天然气价格按 3 美元/千立方英尺计算，价值 73 320 美元。氮气价格按 4 美元/千立方英尺计算，每年节省的惰性气体为 1 710 千立方英尺，价值 6 840 美元，全年总效益是 80 160 美元。避免天然气在管线停工接线期间通过管线截断阀发生泄漏所带来的额外效益会进一步提高不停输开孔技术的经济效益。

表 8 不停输开孔方法与管线停工接线方法的经济对比分析

	第 0 年	第 1 年	第 2 年	第 3 年	第 4 年	第 5 年
投资费用 (美元)	(36 200)	0	0	0	0	0
承包服务费 (美元)	0	(37 500)	(37 500)	(37 500)	(37 500)	(37 500)
操作维护费 (美元)	0	(5 500)	(5 500)	(5 500)	(5 500)	(5 500)
总费用 (美元)	(36 200)	(43 000)	(43 000)	(43 000)	(43 000)	(43 000)
天然气节省费用 (美元)		73 320	73 320	73 320	73 320	73 320
惰性气体节省费用 (美元)		6 840	6 840	6 840	6 840	6 840
净利润 (美元)	(36 200)	37 160	37 160	37 160	37 160	37 160
投资回收期 (月)						12
内部收益率 IRR						113%
净现值 NPV ¹						104 665 美元

¹净现值基于 5 年期内贴现率取 10%来计算。

总之，不停输开孔技术比管线停工接线技术更经济有效。即使系统必须停运，不停输开孔技术也为节省时间和成本提供了机会。然而，许多公司在很久以前就在使用不停输开孔技术，当时使用该技术的原因并不是因为节省气体。考虑到减排甲烷所带来的效益，在各种情况下采用不停输开孔技术而不是管线停工接线技术是完全合理的。

一个供应商的经验

据一个供应商报道，对一个气体运输客户来讲，一条在 1 000 psig 压力下运行的、直径为 36 英尺的天然气管线，供应一天的天然气，其总收入是 365 000 美元。进行一次管线停工接线作业大约需要 4 天时间，其损失的代价是 150 万美元，这还不包括为停工接线而排放出管内天然气所损失的费用。通过不中断供气服务这种方式，不停输开孔接线技术消除了这部分收入损失。

5 经验总结

管线一般每年都要经历几次改造。应用不停输开孔技术来安装这些接线和设备可减少管线中的甲烷排放量、增加节省费用和提高效率。下面是合作伙伴和不停输开孔设备供货商提供的几个经验：

- ★ 不停输开孔技术已经被天然气运输和分配公司应用了十多年。通过评估与这项操作相关的天然气节省情况，不停输开孔技术可在以前没有被使用的许多环境中应用。
- ★ 焊接支线的位置不能有腐蚀、应力腐蚀破裂和剥离。
- ★ 在旋转设备或自动控制阀的上游不能实施不停输开孔作业，除非这些设备受过滤器或收集器的保护而不会受到碎屑的影响。
- ★ 对于在钢管上进行管线分接的这种情况，接头一般包含一个焊接的支管连接。然而，当在铸铁、石棉水泥或混凝土上进行管线分接时，接头不能焊接到现有管汇上。在这种情况下必须使用另外的接头连接技术，如对开式球墨铸铁压缩套筒或者机械连接支管架。
- ★ 对于塑料系统，操作者应确保不停输开孔作业的接头与系统中塑料管道的类型相兼容，并且要使用恰当的连接方法。供应商可以为各种类型的塑料系统提供合适的接头和工具。
- ★ 如果以前没有应用过不停输开孔技术，那么需要制定不停输开孔作业操作规程并培训操作人员。确保将关于焊接过程中可能出现的焊穿或氢裂等内容包含在操作规程中。
- ★ 所有设备必须满足工业和国家标准中所规定的最低压力、温度和操作条件标准。
- ★ 如果系统中所遇到的温度、压力、管道结构或者开孔直径等条件特殊，必须咨询开孔设备或接头生产商。
- ★ 为了获得更详尽的技术说明，应参考工业和国家条例和标准（如 ASME B31.8、API 2201、API 1104、API D12750、49 CFR 192）。
- ★ 记录与使用不停输开孔技术有关的甲烷减排量，并与天然气 STAR 年度报告一起提交给 M2M 技术委员会。

6 参考文献

American Petroleum Institute. Procedures for Welding or Hot tapping on Equipment in Service. API Recommended Practice 2201, Third and Fourth Editions, October 1985 and September 1995.

American Petroleum Institute. Welding of Pipelines and Related Facilities, Publication No. 1104, 19th Edition, September 1999.

American Society of Mechanical Engineers (ASME). ASME Code for Pressure Piping, B31, ASME B31.8-1995 Edition.

Bruce, William A. Edison Welding Institute. Personal contact.

Burns, David. TransCanada Hot taps. Personal contact.

Chaput, James. Michigan Gas. Personal contact.

Chila, Vern. International Piping Services Company. Personal contact.

Davaney, Tom. Con Edison. Personal contact.

Doig, Deanna. TransCanada Alberta System, TransCanada Pipelines. Personal contact.

Hranicka, Anthony. Con Edison. Personal contact.

Hydra-Stop, Inc. A Pressure Installation Primer: Basic Information and Procedures for Line Tapping and Linestopping.

LaShoto, Paul. Bay State Gas. Personal contact.

McAllister, E.W. Editor. Pipeline Rules of Thumb Handbook. Fourth Edition, Gulf Publishing Company.

McElligott, John A., John Delanty, and Burke Delanty, "Use of Hot taps for Gas Pipelines Can be Expanded," Oil and Gas Journal, 11/30/98.

McMicken, Mike and Brian Boucher. Team Industrial Services, Inc. Personal contact.

Petolick, Don and Gary Vanderhye. Hydra-Stop, Inc. Personal contact.

Rodgers, Erick. Topaz Inc. Personal contact.

Smith, Sharlye. Mueller Co. Personal contact.

Vandervort, Dal and T.D. Williamson. Inc. Personal contact.

Venugopal, Shrikanth. TransCanada Transmission. Personal contact.

Tingley, Kevin. EPA Natural Gas STAR Program. Personal contact.

U.S. Code of Federal Regulations. Title 49, Part 192 (49 CFR 192), Subpart D, "Transportation of Natural and Other Gas by Pipeline: Minimum Federal Safety Standards; Design of Pipeline Components".

附录：补充资料

阀门。在不停输开孔作业中使用的阀门一般都是全开式球阀或楔形闸阀。如果提供的信息包括管道尺寸、出口尺寸、管线容积、压力和材质，那么管道供应商通常都会提供阀门和接头的价格。

三通/接头。可用于不停输开孔作业的机械和焊接接头有几种不同类型，包括焊接支管台、螺纹接口、嵌接短接、开孔三通或者全环绕式鞍形卡。最普通的开孔接头是对开式球墨铸铁套筒。接头一般通过尺寸、法兰等级（ANSI 美国国家标准学会/压力）和任何一个特色来定价。典型供应商的接头费用如附表 1 到附表 3 所示。

如果天然气不能用其他替代气源供给，那么管线停工接线的一个可能的隐藏费用就是重新启动客户服务的费用。这个过程需要进行两次访问工作，第一次是关闭供气，第二次是打开并重新启动供气服务。一般而言，访问一次住宅客户的时间是 15~30 分钟，而访问商业或工业客户的时间大约需要 1 个小时。根据劳动统计局规定，进行这项工作的雇员每时应支付大约 9.75 美元的报酬。

重新启动供气服务的费用

$$= [(住宅客户的数量) \times (0.38 \text{ 小时})] + [(商业或工业客户的数量) \times (1 \text{ 小时})] \times 9.75 \text{ 美元/小时}$$

在最佳的时间内进行管线停工接线作业基本上是不可能的。必须制定进度安排和额外的计划来安排管线停工接线所需的建设和额外开挖工作、支付雇员加班费以及通知客户停止供气服务等。这些费用是可变的，将取决于公司和内部因素等情况。

还存在其他的附加费用，如进度计划编制费用、劳务费用、加班费用和通知费用，但是每个公

司都不相同，它们超出了本研究的范围。这些费用可以参照以前的停工接线经验来估算。如果可能的话，操作者应检查过去的作业记录，以确定采用不停输开孔方法与采用停工接线方法相比可避免哪些费用。

附表 1 TD Williamson 公司——完全对开式三通价格（美元）

尺寸（管线×出口）	
16 英寸×16 英寸	2 000 美元
18 英寸×18 英寸	3 000 美元
20 英寸×20 英寸	5 000 美元
24 英寸×24 英寸	6 000 美元
30 英寸×30 英寸	9 000 美元
40 英寸×16 英寸	2 500 美元
60 英寸×16 英寸	2 500 美元

上述价格是法兰等级为 300#的价格预算。
同样还提供法兰等级为 150#、400#、600#、900#和 1500#，尺寸为 1 英寸×1 英寸~96 英寸×96 英寸的接头。

附表 2 Topaz——开孔三通费用（美元）

大小（管线×出口）	150#法兰等级	300#法兰等级	600#法兰等级
2 英寸×2 英寸	386 美元	399 美元	443 美元
4 英寸×4 英寸	407 美元	428 美元	481 美元
12 英寸×12 英寸	1 394 美元	1 484 美元	1 624 美元
20 英寸×20 英寸	3 645 美元	3 857 美元	4 290 美元
12 英寸×4 英寸	1 248 美元	1 251 美元	1 347 美元
20 英寸×8 英寸	1 428 美元	1 468 美元	1 521 美元

提供其他尺寸的接头。

附表 3 Topaz——全环绕式鞍形卡子费用（美元）

大小（管线×出口）	零件 1	零件 2
2 英寸×2 英寸	227 美元	189 美元
4 英寸×4 英寸	227 美元	189 美元
12 英寸×12 英寸	645 美元	539 美元
20 英寸×20 英寸	N/A	1306 美元
12 英寸×4 英寸	594 美元	495 美元
20 英寸×8 英寸	1 303 美元	1 076 美元
40 英寸×16 英寸	N/A	3 493 美元

提供其他尺寸的接头。